## À PROPOS DU VOL GODILLÉ,

PAR M. LOUIS TAVERNE.

Le vol godillé est la solution adoptée par la plupart des Insectes, en particulier les Diptères, dont les organes paraissent un résumé et comme une quintessence de l'appareil de vol naturel. Nous disons quintessence, car il ne semble pas qu'un vol puisse dépasser la rapidité au départ, la souplesse en route et à l'arrivée, la stabilité au point fixe dont celui de la Mouche commune nous offre l'exemple.

Un Diptère aisé à observer est la Tipule (fig. 1) de grande taille, aux ailes longues et minces, au thorax étroit et bombé et qui porte, à la partie postérieure de ce dernier, au bout de deux poils bien détachés, deux boules oscillantes qu'on nomme balanciers.

Comme chez tous les Diptères, les battements sont extrêmement rapides (200 environ par seconde) et, pour les observer, nous avons dû employer le procédé connu du Stroboscope qui permet d'observer à une vitesse virtuellement très ralentie les mouvements des ailes.

L'appareil se composait simplement d'un écran circulaire (disque de carton renforcé d'environ 0 m. 75 de diamètre) dans lequel étaient percées des fenêtres régulièrement espacées sur le pourtour du disque. C'est à travers celles-ci que l'insecte était observé. La largeur des fenêtres était exactement le dixième de celle des espaces opaques qui les séparaient.

Si nous nommons «écran» chacune de ces parties opaques, et si nous attribuons à chaque fenêtre l'écran qui la suit immédiatement, il est clair que, lorsque le disque tournera entre l'œil et l'insecte, ce dernier sera visible seulement pendant le premier dixième du temps T que mettent chaque fenêtre et son écran à franchir le rayon visuel.

Soit 1, 2, 3... 10 (fig 2.) la trajectoire parcourue par une aile et divisée en 10 segments égaux.

S'il arrivait que le temps mis à la parcourir fût précisément égal à T, on verrait l'aile toujours dans un même segment, le segment 1, par exemple, le restant de son parcours étant dérobé par le passage des écrans, et l'aile paraîtrait immobile au point n° 1 de son parcours.

Si, au contraire, le mouvement de l'aile est un peu plus rapide, après que nous l'aurons vue en 1 à travers la première fenêtre, elle aura fait son parcours complet pendant que passe le premier écran et sera même parvenue au point 2 quand la deuxième fenêtre va se présenter, puis au point 3

avec la troisième et ainsi de suite, jusqu'à ce que nous ayons pu observer une trajectoire entière formée des segments juxtaposés 1, 2, 3... 10 empruntés à dix parcours successifs.

La rotation des fenêtres étant elle-même très rapide, la persistance de l'impression donne à ces segments une apparence continue, et on a la vision de battements d'aile d'une fréquence dix fois moindre que la réalité.

Le mouvement ainsi observé est encore rapide, mais facile à discerner, et quand l'insecte ralentit ses battements dans l'intention de s'arrêter, on voit ses ailes s'immobiliser un instant, puis reprendre progressivement leur parcours en sens inverse jusqu'à l'arrêt. C'est qu'alors l'écran tourne plus vite que l'aile, et nous montre les segments successifs de la trajectoire dans l'ordre inverse 10, 9, 8, 7... 2, 1. (Chacun a pu remarquer, au cinématographe, la rotation très ralentie de l'hélice des aéroplanes en marche; ce phénomène s'explique exactement comme ci-dessus, à raison des éclipses régulières de l'appareil enregistreur).

L'insecte étant fixé, on n'a pas, d'ailleurs, la reproduction exacte du vol naturel, le corps ne pouvant obéir à la réaction de l'air, les ailes sont poussées par celle-ci vers le haut et l'avant d'une façon exagérée.

Cette méthode pourra d'ailleurs être reprise pour l'observation d'un insecte volant en liberté relative, mais au prix, bien entendu, de certaines difficultés.

Le spectacle, ainsi observé, d'un insecte qui s'escrime à tourner dans l'air, comme deux manivelles accouplées, des bras tordus et des mains immenses est curieux et même comique au premier abord.

C'est ce mouvement alterné des deux ailes, qui rappelle exactement celui des pédales d'une bicyclette, que nous nommons vol godillé, par opposition au vol ramé des Oiseaux dans lequel les deux ailes occupent à tout instant des positions symétriques par rapport au plan axial vertical du corps.

L'aile de la Tipule n'apparaît pas plane ainsi qu'au repos, mais gauchie et légèrement courbée en longueur, l'extrémité toujours en retard sur la partie proximale qui s'efforce de l'entraîner. Les balanciers s'agitent rapidement de droite à gauche, en se portant ensemble du côté de l'aile à la plus basse position.

Étant donné que les poussées des deux ailes ne sont plus symétriques par rapport à l'axe sagittal comme chez l'Oiseau, on comprend que le déplacement d'un contrepoids soit nécessaire pour éviter au corps les oscillations dues à cette dissymétrie, comparable en l'occurrence, à la réaction de rotation sur son châssis, d'une hélice impaire d'aéroplane.

Cet office d'équilibre est rempli chez quelques Insectes par une deuxième paire d'ailes plus ou moins réduites, par des élytres, ou comme chez la Tipule, par des balanciers.

C'est ce que nous avons pu vérifier par l'expérience ci-après:

Nous introduisons l'insecte en le vissant comme un clou à ailettes, dans

un ressort à boudin de pas et de diamètre assez larges pour que le mouvement des balanciers, B, C, ne puisse être gêné (fig. 3). L'oscillation des ailes, qui débordaient largement les spires, était très libre dans le sens vertical, mais elle ne pouvait produire la translation de l'insecte, qui n'obtenait ainsi qu'un résultat sustentateur.

Quel que soit le sens d'enroulement des spires, si les deux balanciers sont intacts, l'insecte, malgré ses battements, reste au point où il a été placé.

Coupons, à l'aide de ciseaux le balancier C. L'abaissement de l'aile D, et l'élévation simultanée de l'aile A provoquent une réaction de l'air qui tend à soulever le côté gauche, mais que le balancier B, très écarté du corps, suffit à peu près à peu près à neutraliser. Mais dans la torsion inverse produite par la résistance aérienne à l'abaissement de A et à l'élévation de D, le seul balancier B, ne dépassant pas l'axe du corps, ne parvient plus à équilibrer l'insecte, qui tourne tout entier face à droite.

La répétition fréquente de ses battements additionnant ces rotations dans le même sens, l'insecte se visse rapidement vers l'avant, par où il s'échappe d'un saut violent pour retomber et rester ensuite immobile sur le côté.

L'enroulement inverse des spires ou l'ablation de B au lieu de C font progresser l'animal en sens inverse, ce qui confirme l'explication précitée du rôle des balanciers.

Nous rappellerons ici une remarque du docteur Amans (1) que l'aile des Oiseaux est large à l'épaule et aiguë à la partie distale, alors que les Insectes Diptères ont, au contraire, une aile étroite aux attaches, et s'élargissant à mesure qu'elle s'éloigne du corps, pour émettre cette hypothèse que les animaux dont les membres alaires rappellent ce dernier type doivent pratiquer le vol godillé.

L'aile de la Chauve-Souris est dans ce cas, et l'observation de son vol nous a paru confirmer la déduction qui précède. Les ailes des Oiseaux Nocturnes, par leur contour, se rapprochent beaucoup de celles de la Chauve-Souris et, comme elle, ils ont la spécialité du vol silencieux et particulièrement souple. La Chauve-Souris, dit Mouillard, vole à toute vitesse autour du plafond d'une chambre, en dessinant les angles sans jamais s'y heurter, et le Hibou vole également vite dans la forêt, en esquivant les arbres avec la plus grande adresse.

Le vol godillé explique parfaitement ce silence et cette grande facilité de direction : c'est l'oscillation des pattes, d'autre part, qui est ici chargée d'assurer l'équilibre.

Étant donnée la forme de ses ailes, il nous paraît certain que le Poisson-volant, ou Exocet, pratique ce vol. Les observations récentes de M. Idrac à

(1) D[r] Amans. Études sur les Zooptères.

ce sujet confirmeraient le fait d'une manière indirecte. Le vol godillé avons nous dit, nécessite un organe accessoire d'équilibre : or, cet organe serait, chez l'Exocet, le lobe inférieur de la nageoire caudale, plus développé que l'autre, qui, au cours du vol, reste en contact avec les vagues et amortit, par la résistance éprouvée dans l'eau, les oscillations dues aux poussées

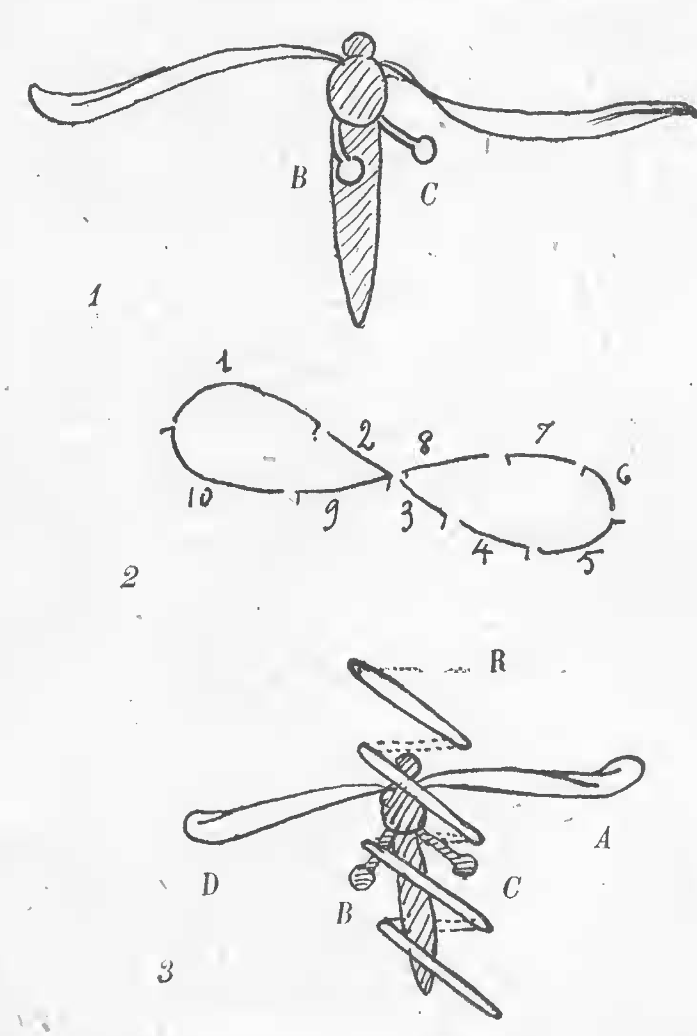



Fig. 1. — Tipule pendant le vol : les balanciers, B, C, oscillent en se portant ensemble du côté de l'aile la plus basse.
Fig. 2. — Étude stroboscopique de la trajectoire de l'aile.
Fig. 3. — R, fil de fer hélicoïdal; B, C, balanciers.

divergentes des ailes. Ce sont ces oscillations amorties de la nageoire caudale qui donnent à son lobe inférieur le mouvement circulaire horizonta noté par cet observateur.

La forme distale élargie des ailes n'est d'ailleurs pas indispensable dans la pratique du vol godillé, car il est facile d'observer celui-ci concurremment avec le vol ramé chez des oiseaux qui ont au contraire l'aile excessivement aiguë comme les Hirondelles et les Martinets. La queue, très four-

chue, joue ici le rôle complémentaire, et il en est de même, probablement, chez l'Oiseau-Mouche qui, en plein vol, paraît entouré de brouillard tant la rotation de ses ailes est accélérée.

Marey ne fait aucune allusion au vol godillé et ne donne que des images discontinues du vol du Hibou et de la Chauve-Souris. Il allègue qu'il a dû faire choix des images les plus nettes : peut-être ne soupçonnait-il pas chez ces derniers ce genre de vol et a-t-il choisi intentionnellement les images rappelant le vol ramé (qu'ils pratiquent aussi à de plus rares intervalles). Il serait intéressant de reprendre ses essais, car les détails de ce mode de vol seraient certainement précieux à élucider. On remarquera en effet que son mouvement continu se plie beaucoup mieux aux lois de la force vive, et à la réalisation d'une propulsion ininterrompue.